

يؤدي الجهاز العصبي وظيفة الاتصال بالوسط الخارجي عن طريق الحواس حيث ترد إلى المراكز العصبية رسائل ليتم اتخاذ المواقف اللازمة من بحث وحركة وتفكير... عن طريق رسائل عصبية صادرة تلعب فيها الألياف العصبية الحسية والحركية دورا هاما...

فما طبيعة هذه الرسالة العصبية؟ وكيف يتم نقلها وتنفيذها؟

يبين الشكل الموالي مسار سيالة عصبية لمنعكس فطري: **المنعكس الرضفي** بعناصره التشريحية الخمسة:

في مستوى المشبك الشبكي بالعصبون الجامع يتم إفراز الوسيط الكيميائي GABA من الغشاء قبل المشبكي حيث ينتقل عبر الشق المشبكي ليثبت على المستقبلات الغشائية للغشاء بعد مشبكي لتفتح القنوات الكيميائية الخاصة بشوارد الكلور.

ينتج عن ذلك تدفق داخلي لهذه الشوارد عبر هذه

القنوات مما يزيد من استقطاب

الغشاء بعد المشبكي ويتم تسجيل كمون

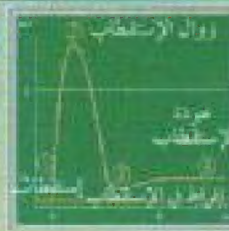
بعد مشبكي تشبهي PPSI.

وكمون راحة في الليف العصبي

الحركي ينتهي دور الوسيط

الكيميائي باستعادته على مستوى الغشاء

قبل مشبكي.



السيالة العصبية سواء كانت حسية أو حركية هي عبارة عن موجة زوال استقطاب تسري عبر الليف العصبي. يمكن تسجيلها في جهاز الأوسيلوسكوب في شكل منحنى خاص يسمى كمون العمل.

تقلص

العضلة العلوية للفقذ (عضلة

قائضة) وبالمقابل ترغني العضلة

السفلية (عضلة باسطة) مما يسمح

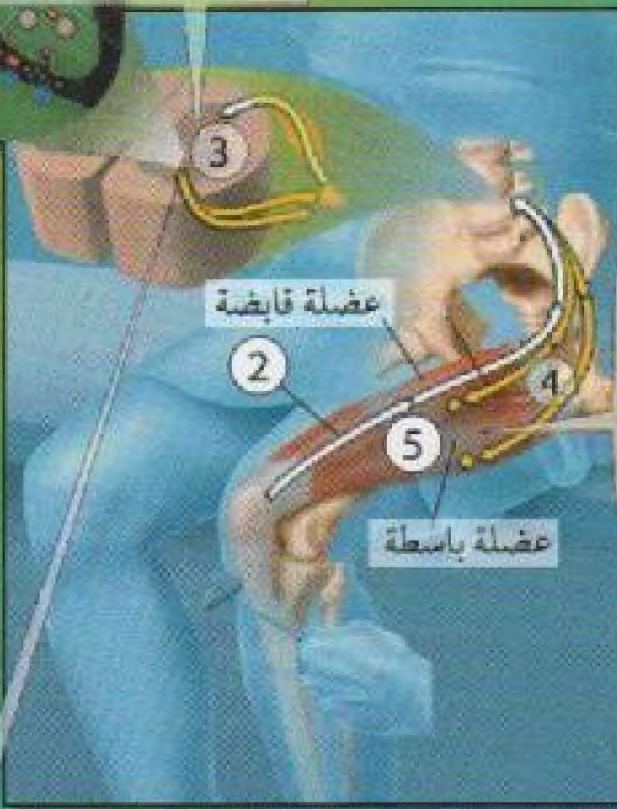
بتمدد الرجل بشكل لا إرادي.

في مستوى المشبك

التبهي يتم إفراز الوسيط الكيميائي Acetylcholine من

الغشاء قبل المشبكي حيث ينتقل عبر

الشق المشبكي ليثبت على المستقبلات الغشائية للغشاء بعد مشبكي فتفتح القنوات الكيميائية لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم. ينتج عن ذلك تدفق داخلي لشوارد الصوديوم وخارجي لشوارد البوتاسيوم مما يحدث موجة زوال الاستقطاب في الغشاء بعد المشبكي وتسجيل كمون حمل بعد مشبكي تبهي في الليف العصبي الحركي. ينتهي دور الوسيط الكيميائي باستعادته على مستوى الغشاء قبل مشبكي.



عضلة قايضة

2

4

عضلة باسطة

5

1- مكان التبيه وهو الرضفة

2- ينطلق من مكان التبيه سيالة عصبية عبر الليف العصبي الحسي متجهة نحو المركز العصبي (**النخاع الشوكي**)

3- على مستوى المادة الرمادية للنخاع الشوكي تلتقي النهايات العصبية الحسية بأجسام العصبونات حيث تشكل معها مشابك والتي تميز منها نوعين:

أ- مشابك تنبيهية (SE) تكون باتصال النهايات العصبية الحسية مباشرة مع جسم العصبون الحركي.

ب- مشابك تثبيطية (SI) مكان اتصال النهايات العصبية الحسية بعصبون جامع ومنه إلى العصبون الحركي.

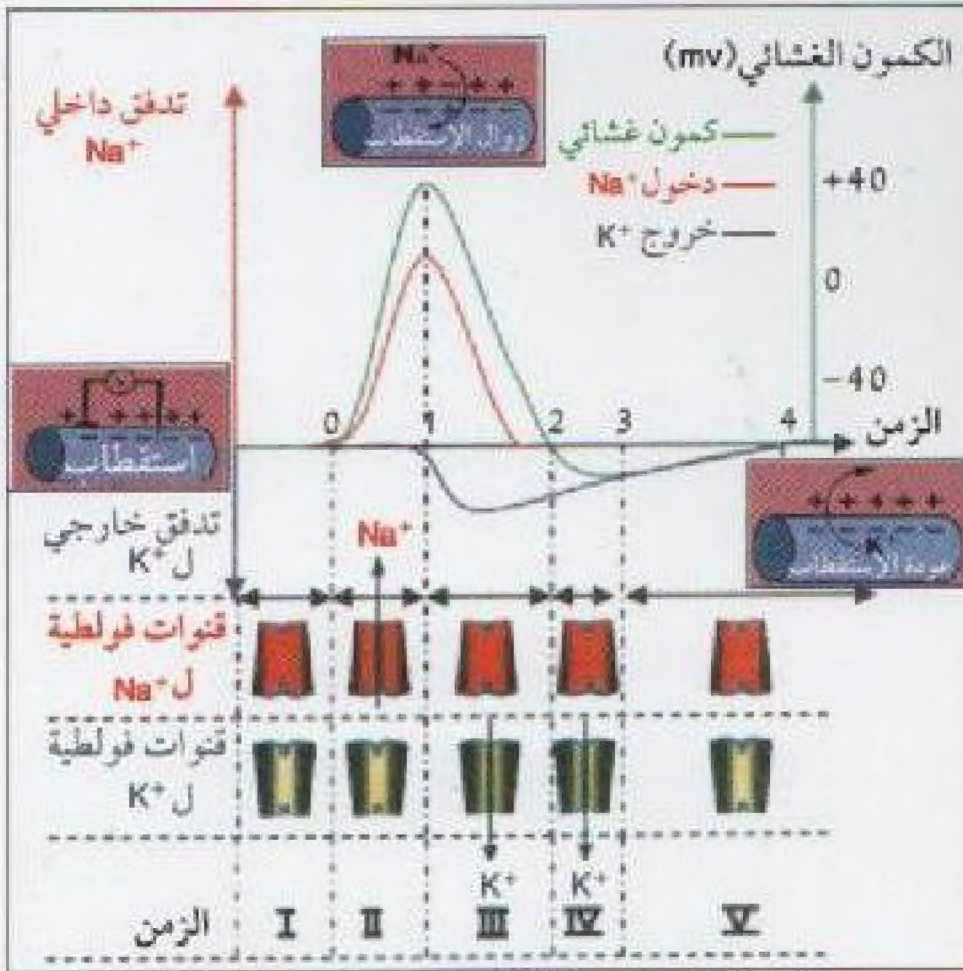
4- تنطلق عبر الليف العصبي الحركي سيالة عصبية حركية من المركز العصبي للنخاع الشوكي نحو العضو المنفذ (**العضلة**). وما دام هناك مشبكين فهناك

سالتين عصبيتين واحدة متجهة نحو العضلة الباسطة والأخرى نحو العضلة القايضة.

5- عضو منفذ: تقلص العضلة القايضة وارتخاء العضلة الباسطة.

ما هي الآليات الكهربائية والكيميائية على مستوى الألياف والمشابك والتي تسمح بحدوث المنعكس؟

لقد أمكن إيضاح الكثير من هذه الآليات عن طريق دراسة التيارات الداخلية والخارجية لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم باستعمال تقنيات خاصة مثل تقنية Patch-Clamp والكمون المغروس وعرض النتائج باستعمال جهاز الأسيلوسكوب.



يتمثل دور القنوات الفولتية في تسجيل منحني كمون العمل وحيد الطور كما يلي:

1- انفتاح قنوات الصوديوم وتدفق هذه الشوارد إلى الداخل مما ينشأ عنه زوال استقطاب ثم استقطاب عكسي يصل إلى +40 ميلي فولت (الشكل المقابل).

2- يلي ذلك انغلاق هذه القنوات وانفتاح قنوات البوتاسيوم وتدفق خارجي لهذه الشوارد مما ينشأ عنه عودة الاستقطاب. ونتيجة استمرار انفتاح قنوات البوتاسيوم لمدة أطول وبالتالي تدفق خارجي لها بكمية أكبر فإن المنحنى يزيد من استقطابه، يطلق على هذه المرحلة إفراط في الاستقطاب.

3- تنغلق قنوات البوتاسيوم ومنه انغلاق كل القنوات الفولتية ليعود الغشاء إلى حالة استقطابه الأولى.

يمكن إبراز الظواهر الكهربائية والكيميائية للرسالة العصبية من خلال جداول المقارنات التالية:

ما الفرق بين العضلة الباسطة والعضلة القابضة؟

العضلة الباسطة	العضلة القابضة	طبيعة المشبك
تثبيطي (Synapse Inhibitrice)	تنبيه (Synapse Excitatrice)	طبيعة الكمون في الليف العصبي الحركي
كمون راحة	كمون عمل	نشاط العضلة
ارتخاء (انبساط)	انقباض	

يؤدي المنعكس إلى تمدد الرجل الذي ينتج عن تضاد العضلتين القابضة والباسطة.

ما الفرق بين كمون الراحة وكمون العمل؟



منشأ الظاهرة الكهربائية

حالة استقطاب للليف العصبي يقدر بـ: 70 ميلليفولت ناتج عن التوزيع المتباين لشوارد الصوديوم والبوتاسيوم على جانبي الغشاء الهولي والذي يكون وفق الجدول التالي:

الشوارد	التركيز (مليمول/ل)	الوسط
K^+	400	وسط خارجي
Na^+	50	وسط خارجي

حالة زوال استقطاب موضعي في الليف العصبي نتيجة تنبيه فعال مما يسمح بانفتاح القنوات الفولتية وتدفق داخلي لشوارد الصوديوم أولاً ثم تدفق خارجي لشوارد البوتاسيوم ثانياً على جانبي غشاء الليف العصبي.
بمعنى أن منشأ زوال الاستقطاب يكون بتدفق شوارد الصوديوم إلى الداخل.

المهدف منه

المحافظة على حياة الليف العصبي.

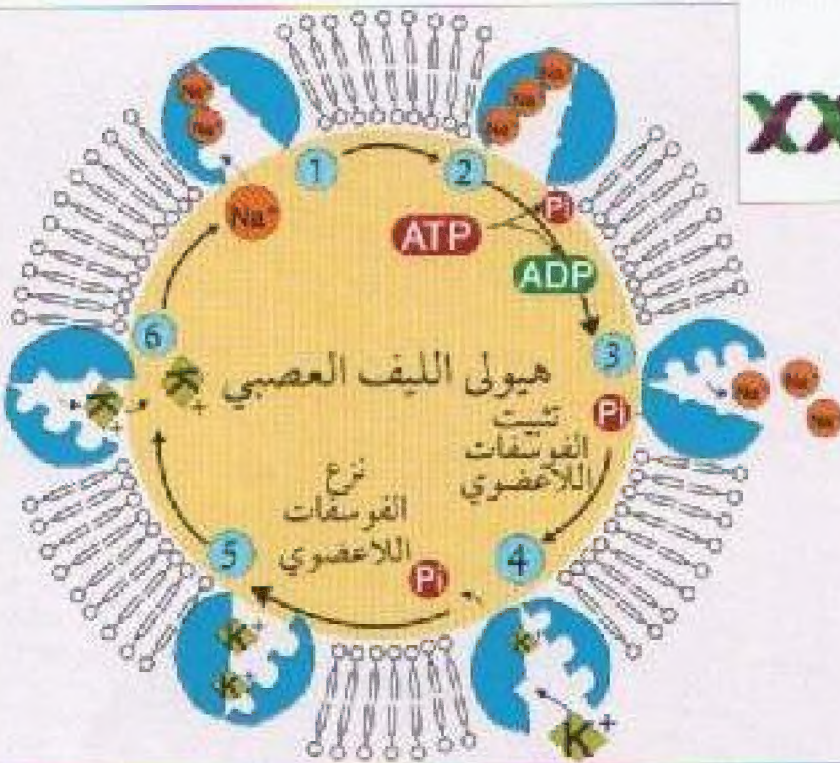
نقل الرسالة العصبية من وإلى المراكز العصبية.

إن وجود قنوات مفتوحة باستمرار يسمح بدخول شوارد الصوديوم وخروج شوارد البوتاسيوم وذلك وفق ظاهرة الميز (الانتشار) بهدف توازن التراكيز على جانبي غشاء الليف العصبي مما يجعله غير مستقطب. كما أن التنبيه الفعال يعمل على زوال استقطاب الغشاء في مكان التنبيه.

ما هي الآلية التي تعمل على إعادة التوزيع المتباين وبالتالي إعادة استقطاب غشاء الليف العصبي؟



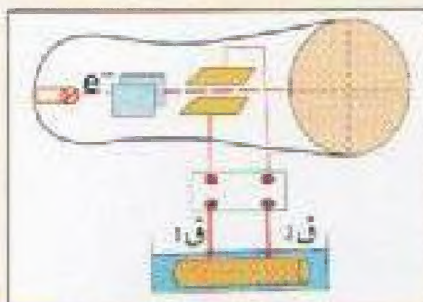
تضمن مضخة Na^+ / K^+ (إنزيم ATPase غشائي) تثبيت التوزيع المتباين لهذه الشوارد حيث تعمل على إخراج شوارد الصوديوم وإدخال شوارد البوتاسيوم عكس تدرج التركيز مستعملة في ذلك طاقة (نقل فعال) وإنزيمات نوعية. وما دامت شوارد الصوديوم تتدفق أولاً وبكمية أكبر مقارنة مع شوارد البوتاسيوم والتي تتدفق ببطء، فإن المضخة تعمل على إخراج ثلاث شوارد صوديوم مقابل إدخال شاردتي بوتاسيوم. كما يوضحه الشكل المقابل:



ما الفرق بين منحني وحيد الطور ومنحني ثانوي الطور؟

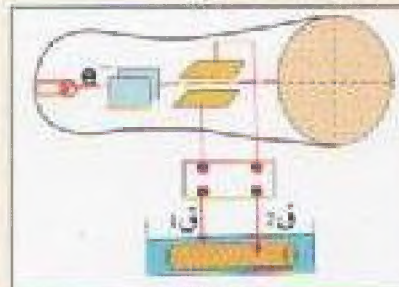
منحني ثانوي الطور

يوضع مسربي التسجيل على سطح الليف العصبي.



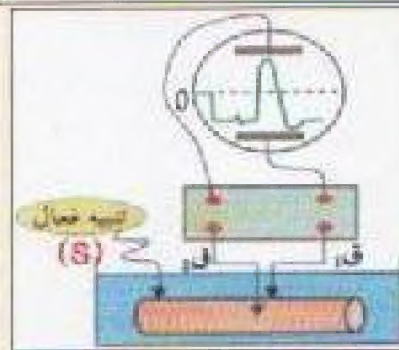
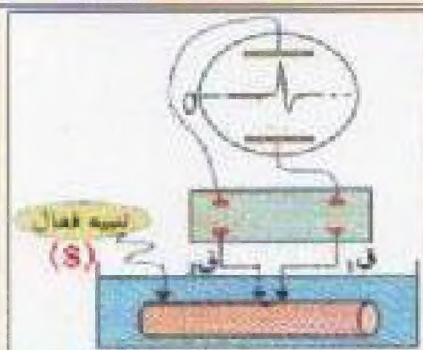
منحني وحيد الطور

يوضع أحد مسربي التسجيل على سطح الليف العصبي والآخر إلى الداخل.

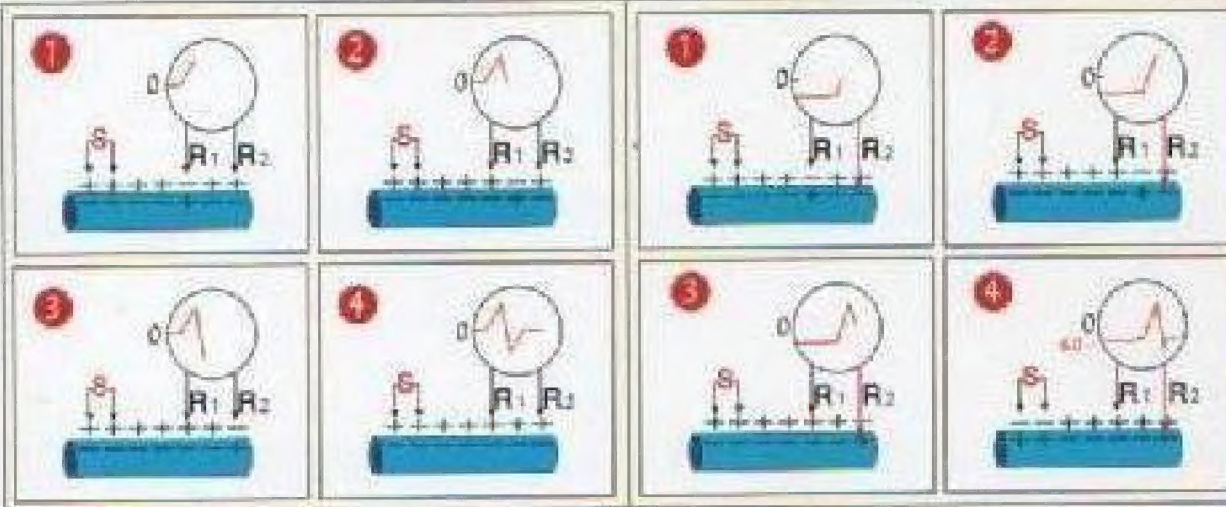


طريقة وضع
مسربي التسجيل
لجهاز
الأسيلوسكوب

تسجيل المنحني



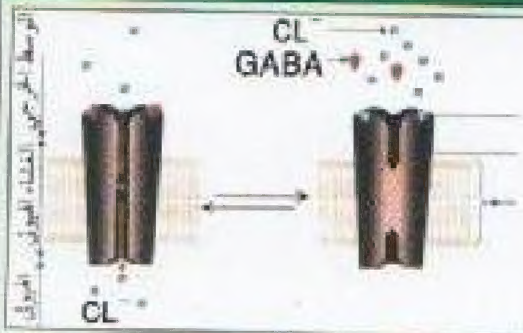
التفسير الكهربائي



ما الفرق بين المشبك التثبيتي (SE) والمشبك التثبيطي (SI) ؟

المشبك التثبيطي	المشبك التثبيتي	الرابط الكيميائي ومراحله
<p>يشتت GABA على مستقبلات خاصة في الغشاء بعد مشبكي ويعتبر بمثابة مصدر إفراط في استقطاب الغشاء بعد مشبكي. يسترجع الـ GABA كاملاً في الغشاء قبل مشبكي.</p>	<p>عند وصول موجة زوال الاستقطاب إلى النهاية العصبية تفتح قنوات الكالسيوم فتدخل ليحرر الأسيتيل كولين الذي يشتت على مستقبلات خاصة في الغشاء بعد مشبكي ويعتبر بمثابة مصدر كمون العمل في الغشاء بعد المشبكي. يتفكك بعد ذلك ويسترجع في الغشاء قبل المشبكي.</p>	<p>الرابط الكيميائي ومراحله</p>
<p>إفراط في استقطاب الغشاء بعد مشبكي ينتج عن دخول شوارد الكلور. إنه كمون بعد مشبكي تثبيطي PPSI.</p>	<p>كمون بعد مشبكي تثبيتي [PPSE] ينتج عن دخول شوارد الصوديوم. إنه كمون بعد مشبكي تثبيتي PPSE.</p>	<p>التسجيل في الغشاء بعد المشبكي</p>
<p>عدم انتشار كمون وتسجيل كمون راحة.</p>	<p>كمون عمل بعد مشبكي عندما يكون الـ PPSE يساوي أو أكبر من العتبة. كمون العمل عبارة عن استقطاب عكسي يسري على طول الليف العصبي.</p>	<p>التسجيل في الليف العصبي بعد مشبكي</p>
<p>منع وصول الرسالة العصبية إلى المركز العصبي أو العضو المنفذ.</p>	<p>تسهيل نقل الرسالة العصبية (سيالة عصبية حسية) إلى المركز العصبي أو العضو المنفذ (سيالة عصبية حركية).</p>	<p>الهدف من العملية</p>

القنوات الكيميائية



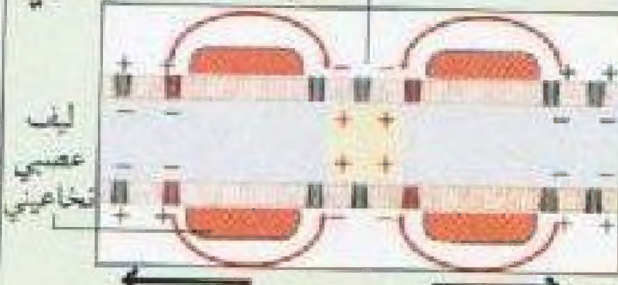
تتواجد في الغشاء بعد المشبكي الطبيعة الكيميائية: تتميز بوجود مستقبلات غشائية للمبلغات الكيميائية (مثل أسيتيل كولين و GABA). نأخذ مثالا عن ذلك القناة الكيميائية للأسيتيل كولين عبارة عن بروتين ذات بنية رابعة يتكون من 5 تحت وحدات تحصر فيها بينها قناة تنفتح في وجود الأسيتيل كولين وتنغلق في غيابه.

كيميائية: عن طريق مبلغات كيميائية يتم إفرازها من الغشاء قبل المشبكي بتركيز تتناسب مع شدة التنبيه تثبت على هذه القنوات من أجل إحداث موجة زوال الاستقطاب (أسيتيل كولين) أو إفراط في الاستقطاب (GABA) على مستوى الغشاء بعد مشبكي.

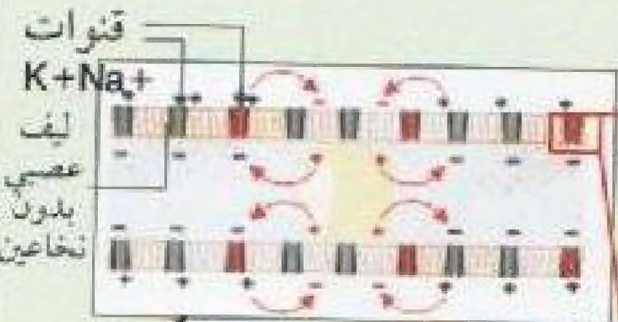
نقل الرسالة العصبية الكيميائية عبر المشابك من عصبون لآخر.

القنوات الفولتية

تتواجد في أغشية الخلايا القابلة للتنبيه (خلايا عصبية وخلايا عضلية). إختناق رانفيي



اتجاه انتقال السيالة العصبية



اتجاه انتقال السيالة العصبية

كهربية: موجة زوال الاستقطاب ناتجة عن انفتاح وانغلاق هذه القنوات ودخول وخروج الشوارد. تتواجد القنوات في الليف النخاعي في إختناقات رانفيي حيث تكون موجة زوال الاستقطاب أسرع لأنها تنتقل بالقفز من إختناق إلى آخر.

نقل الرسالة العصبية الكهربية عبر الألياف العصبية الحسية والحركية.

طبيعة ومكان وجودها

ملاحظة: هناك فرق بين القنوات الفولتية والقنوات الأيونية فالأولى تنفتح فقط عند مرور موجة زوال الاستقطاب أما الثانية فتكون مفتوحة باستمرار.



طبيعة الرسالة العصبية

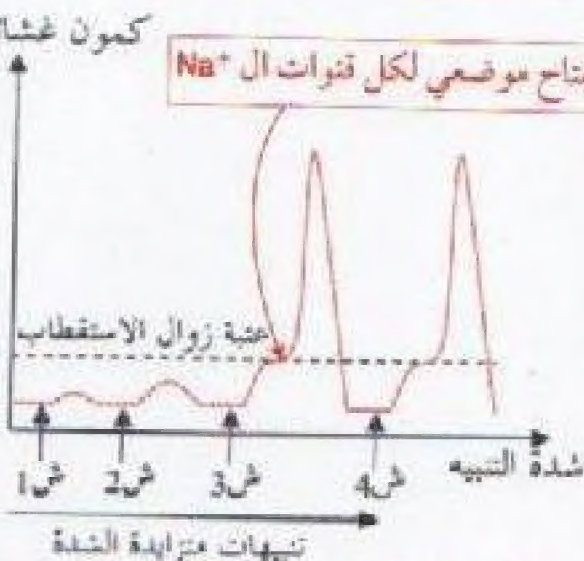
الدور

كيف نترجم شدة التنبيه وطول مدته في الرسالة العصبية؟

مفهوم التنبيه الفعال:

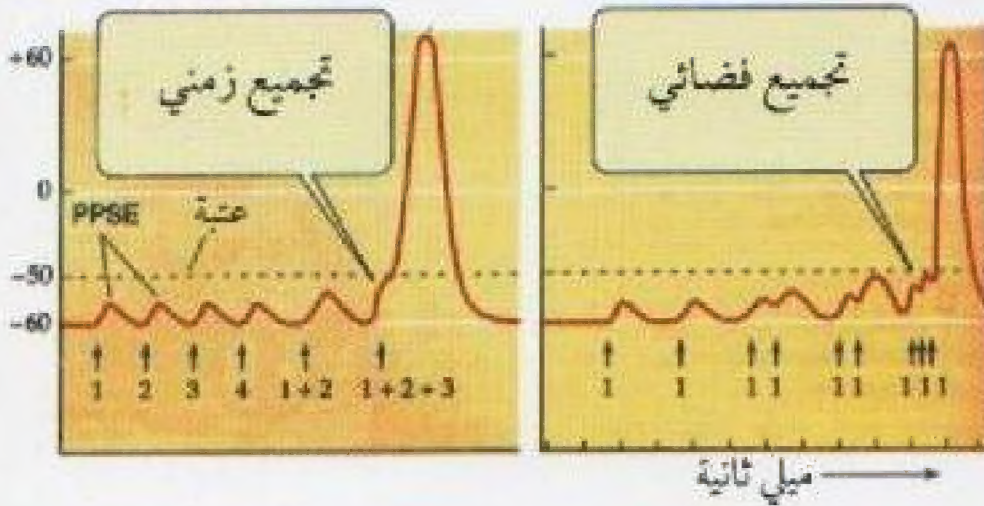
يؤدي التنبيه على مستوى الغشاء بعد مشبكي إلى تثبيت الأسيتيل كولين على المستقبلات الغشائية مما يسمح بفتح قنوات الصوديوم وتدفق هذه الشوارد إلى الداخل فيؤدي ذلك إلى زوال استقطاب الغشاء. ويكون تركيز المبلغات الكيميائية حسب شدة التنبيه. ونقول عن التنبيه بأنه فعال عندما يسمح بانفتاح كل القنوات الفولتية للصوديوم في مكان التنبيه فيحدث زوال استقطاب موضعي يسمح بتسجيل كمون عمل على مستوى الليف العصبى. ونقول عن شدة التنبيه هنا بأنها تساوي أو أكبر من العتبة أي أنه يخضع لقانون الكل أو اللاشيء، يكون تسجيل التنبيه بعدها بنفس السعة مهما زادت شدة التنبيه.

إنتفاخ موضعي لكل قنوات ال Na+



زمني	/			سلسلة من التنبهات المتقاربة في الليف 1
فضائي	/			التنبه في الليف 1، 2 في نفس الوقت

إذن عندما يكون هناك سلسلة من التنبهات ترد إلى العصبون بعد مشيكي عبر المشابك فإنه يقوم بدمجها. محصلة هذه التنبهات يكون **بالجمع الجبري** لها بحيث يحصل كمون عمل إذا كان الجمع لكمونات العمل التنبهية والتثبيطية يساوي أو يفوق عتبة توليد كمون العمل. وإذا كانت المحصلة أقل من العتبة فلا يحصل كمون عمل. تكون عملية التجميع إما فضائياً أو زمنياً:



- التجميع الفضائي: سلسلة من التنبهات قبل مشيكية تصل في نفس الوقت إلى العصبون بعد المشيكي.
- التجميع الزمني: سلسلة من التنبهات المتقاربة تصل إلى العصبون بعد المشيكي من نفس الليف قبل مشيكي.
- في التجميع الفضائي: محصلة الكمونات بعد مشيكية والتي تكون ذات شدة تحت العتبة تصل إلى عتبة زوال الاستقطاب وبالتالي تولد كمون عمل.

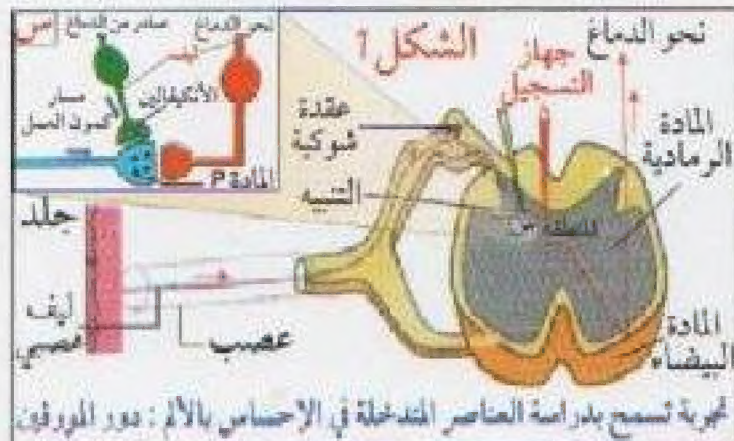
- في التجميع الزمني: محصلة التنبهات المتقاربة والتي تكون شدة تحت العتبة تعمل على فتح كل قنوات الصوديوم في نفس الوقت والخاصة بوحدة مساحة التنبه مما يؤدي إلى زوال استقطاب الغشاء وتوليد كمون العمل. أما التنبهات المتباينة، والتي تكون تحت العتبة، لا تسمح بفتح كل قنوات الصوديوم في نفس الوقت. لأن التنبه الأول تكون قنواته قد أغلقت عند التنبه الموالي.

XXXXXXXXXX

كيف تؤثر المخدرات على العضوية؟

XXXXXXXXXX

قبل البدء بدراسة تأثير المخدرات نقوم بدراسة آلية حسية خاصة بالألم. فعند وخز قوي للجلد بإبرة حادة نحس بألم حاد.



يبين الشكل (1) مسار السيالة العصبية الحسية في العصب الحسي من الجلد حتى المركز العصبي للنخاع الشوكي. إن العصب الحسي يتكون من جملة من الألياف العصبية. منها النخاعية والعديدية النخاعية. في مستوى العصبون الوارد إلى الدماغ، يتم تسجيل عدد وسعة كمونات العمل الواردة. يوضح الشكل (2) نتائج هذه التسجيلات بصورة عادية بعد إجراء التنبه يخص باللمن: ألم خاطف وألم متأخر. أما الشكل (3) فهو خاص بنتائج التسجيلات بنفس التنبه السابق لكن بعد حقن مادة المورفين في المنطقة (س) من الشكل (1).



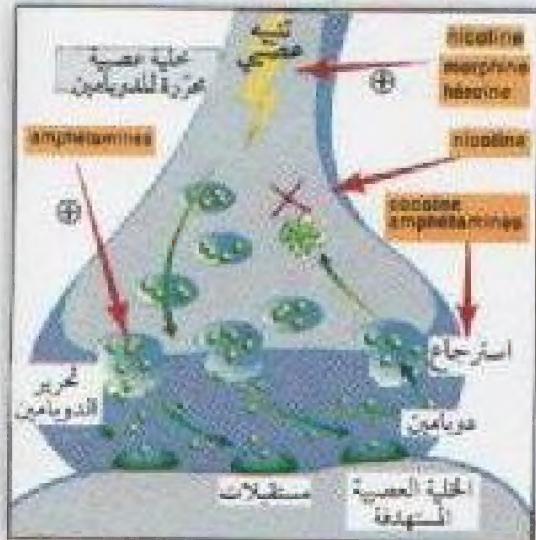
يبين المنحنى أن هناك تسجيلات خاصة بالألم الحاد (الأخضر والأزرق) وتسجيلات خاصة بالألم المتأخر وهذا يعود إلى سرعة السيالة العصبية على مستوى ألياف العصب الحسي حيث هناك ألياف تنقل السيالة بسرعة فائقة وهي الألياف المخاعينية. أما الألياف عديمة المخاعين فتكون ناقليتها أبطأ.

يبين التحليل المقارن للشكلين أن التسجيلات (2) الحمراء والخاصة بالألم المتأخر شبه غائبة في وجود المورفين. وهذا يعني أن المورفين مادة مسكنة للألم حيث تلعب دور مادة التكيفات الطبيعية كإعادة مثبطة لأفرز المادة P الخاصة بالألم. لأن جزئياتها تبدي توافقا بنويا مع المستقبلات العنائية للتكيفات كما يوضحه الشكل (4).

إذن يمكن للتقل العصبي أن يحدث به اختلال على مستوى المشابك يؤثر على المسار الطبيعي للسيالة العصبية وانعكاس ذلك على المزاج والإحساس والأدراك الحسي وذلك بتناول أنواع من المواد الكيميائية إما لأغراض طبية تسمى الأدوية أو في حالات الإدمان يطلق عليها بالمخدرات حيث تبدي بنيتها الفراغية تشابها مع المبلغات الكيميائية الطبيعية مثل السيروتونين والدوبامين والأنكيفالين والأسيتيل كولين فتتنافس معها لاحتلال المستقبلات العنائية أو التأثير على إحدى مراحل النقل المشبكي.... وبالتالي فإن تأثير هذه المواد الدخيلة هو تغيير العمل الطبيعي لهذه المبلغات العصبية.



يبين الشكل التالي مستويات تأثير أهم المخدرات عبر مراحل النقل المشبكي للمبلغ العصبي: **الدوبامين**.



ما هو مفهوم الإدمان (toxicomanie) ؟

على المدى الزمني البعيد تعمل المخدرات على تغيير قابلية الاستقبال للقنوات الكيميائية حيث تصبح ضعيفة بنقصان عددها كاستجابة ضد هذه المواد الكيميائية الدخيلة ومنه فإن الكمية المستعملة سابقا غير كافية لتوليد نفس عتبة الإحساس مما يستوجب الزيادة من هذه الكمية بمرور الزمن وإلا فإن الشخص يصاب بحالة من الانزعاج والضغط والكآبة والتي لا يمكن إزالتها إلا بتناولها وهذا هو معنى الإدمان على المخدرات حيث كان في البداية مجرد بحث عن اللذة ؛ وهي الآن هاجسه الوحيد والرغبة الملحة في حالة غيابها أو نقصانها، وفي وجودها يتطلب الأمر الزيادة من كميتها.

خلاصة الوحدة الخاصة: ما طبيعة الرسالة العصبية ؟ وكيف تنتقل ؟

تسري المعلومات داخل الجهاز العصبي في شكل إشارات كهربائية تسمى كمون العمل يتم نقلها عبر الخلايا العصبية وفق اتجاه واحد : من النهايات العصبية إلى جسم الخلية العصبية ومنها إلى المحور الأسطواني، لذلك توجد ألياف واردة خاصة بالسيالة العصبية الحسية تحمل المعلومات الناجمة عن المنبهات إلى المراكز العصبية، وألياف صادرة خاصة بالسيالة العصبية الحركية تحمل المعلومات من المراكز العصبية إلى الأعضاء لتنفيذها. وللاتنقل من عصبون لآخر تتحول السيالة العصبية الكهربائية إلى رسالة كيميائية عن طريق مبلغات كيميائية يتم إفرازها من طرف نهاية العصبون السابق لتثبت على مستقبلات غشائية للعصبون اللاحق أو العضو المنفذ. يطلق على هذا الاتصال بين العصبونات المشبك الذي يتميز منه نوعين: مشابك تنبيهية (SE) ومشابك تثبيطية (SI).

تترجم شدة التنبيه ومدته بتواترات لكمونات العمل وهي عبارة عن عدد معين لهذه الكمونات لها بداية ابتداء من التنبيه ونهاية عند انتهائه. إن الهدف من نقل الرسالة العصبية هو تنبيه المراكز العصبية بوجود مشبكات خارجية وداخلية مثل الألم واللذة - الفرح والحزن - النشاط والحمول - ... ويكون ذلك عن طريق تمرات خاصة لكمونات العمل نحو ساحات الشعور والإحساس تسعى المشابك تلعب فيها المبلغات الكيميائية المتخصصة دورا أساسيا.

إن تأثير الأدوية والمخدرات يكون على مستوى المشابك الخاصة بهذه الساحات في الدماغ حيث تغير من عملها الطبيعي مما يؤدي إلى تأثيرات عصبية وسيكولوجية (نفسية) على مستوى الإحساس (زوال الألم) والشعور (كالنشوة مثلا) والإدراك (كالمهلوسة)...